

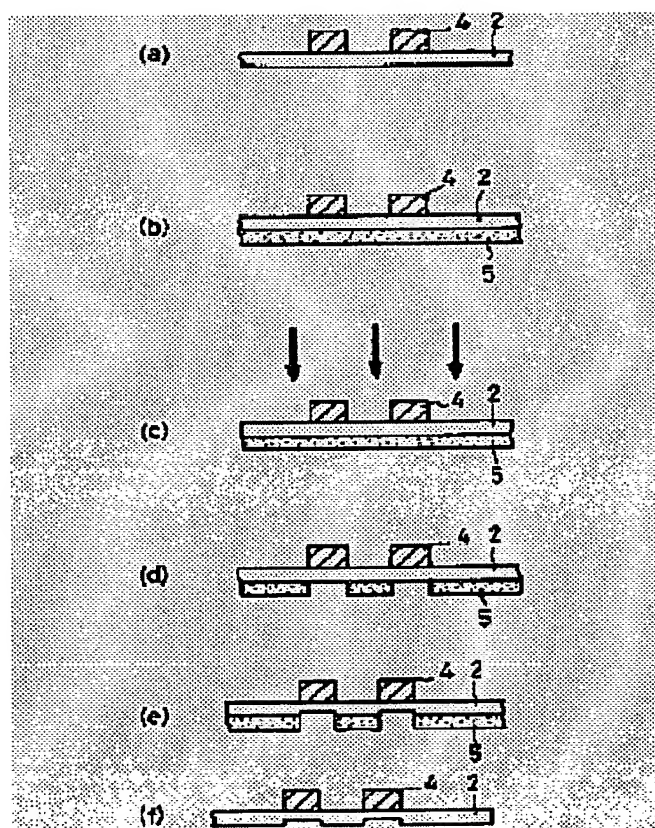
# X-RAY MASK CONSTRUCTION BODY AND ITS MANUFACTURE, X-RAY EXPOSURE EQUIPMENT USING X-RAY MASK CONSTRUCTION BODY, X-RAY EXPOSURE METHOD AND DEVICE MANUFACTURE, AND DEVICE PRODUCED BY THIS METHOD

**Patent number:** JP9275051  
**Publication date:** 1997-10-21  
**Inventor:** CHIBA KEIKO  
**Applicant:** CANON KK  
**Classification:**  
- international: H01L21/027; G03F1/16  
- european:  
**Application number:** JP19960079932 19960402  
**Priority number(s):** JP19960079932 19960402

Report a data error here

## Abstract of JP9275051

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To realize highly accurate positioning by varying the optical transmittance of supporting film with a mark portion and non-mark portion of a region used at least for positioning the supporting film. **SOLUTION:** At first, a resist 5 is coated to the film surface at the side where the mark 4 is not formed of a support film 2 formed with a positioning mark 4. Next, exposure is performed from the mark side and patterning is performed for the resist 5. Next, the surface at the side where the resist 5 is formed is etched by using SF<sub>6</sub> gas from RIE equipment, and the thickness of support film of the marked portion is adjusted. Lastly, an excluding peel-off solution is used for peeling off the resist 5. In this way, the film pressure is controlled so as to control the thickness of the support film 2 of non-marked portion for increasing the transmittance and also control the thickness of the support film 2 of the marked portion 4 for reducing the reflectance by an X- absorbing body. In this way, the efficiency of positioning can be increased and the positioning can be performed with a high accuracy.



BEST AVAILABLE COPY

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-275051

(43)公開日 平成9年(1997)10月21日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027			H 0 1 L 21/30	5 3 1 M
G 0 3 F 1/16			G 0 3 F 1/16	A
			H 0 1 L 21/30	5 0 2 M
				5 3 1 A

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平8-79932

(22)出願日 平成8年(1996)4月2日

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 千葉 啓子

神奈川県川崎市中原区今井上町53番地 キ

ヤノン株式会社小杉事業所内

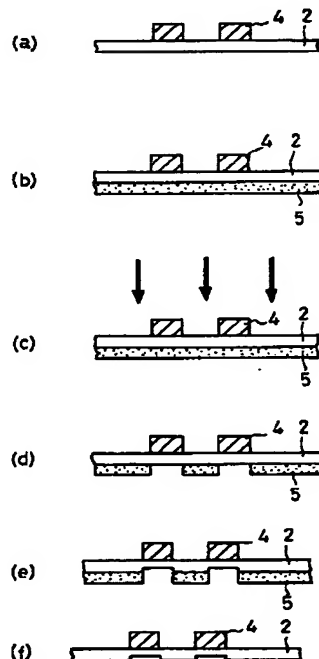
(74)代理人 弁理士 若林 忠

(54)【発明の名称】 X線マスク構造体及びその製造方法、そのX線マスク構造体を用いたX線露光装置、X線露光方法及びデバイスの製造方法、並びにその方法により製造されたデバイス

(57)【要約】

【課題】 高精度な位置合わせが可能なX線マスク構造体、及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 所望のパターンを有するX線吸収体、該X線吸収体を支持するX線透過性支持膜、及びこれらを保持する保持枠からなり、前記支持膜に位置合わせ用マークが形成されたX線マスク構造体において、前記支持膜の位置合わせに用いられる領域の前記マーク部と非マーク部とで、支持膜の光学的透過率が異なることを特徴とするX線マスク構造体。



1

2

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 所望のパターンを有するX線吸収体、該X線吸収体を支持するX線透過性支持膜、及びこれらを保持する保持枠からなり、前記支持膜に位置合わせ用マークが形成されたX線マスク構造体において、前記支持膜の少なくとも位置合わせに用いられる領域の前記マーク部と非マーク部とで、支持膜の光学的透過率が異なることを特徴とするX線マスク構造体。 \*

\*【請求項2】 支持膜の少なくとも位置合わせに用いられる領域のマーク部における支持膜の光学的透過率が、非マーク部より低い請求項1記載のX線マスク構造体。

【請求項3】 支持膜の少なくとも位置合わせに用いられる領域の非マーク部における支持膜の厚さ（ $d_1$ ）が、式（I）

【数1】

$$d_1 = \lambda \times m / \left\{ 2 (n^2 - \sin^2 \theta)^{1/2} \right\} \quad (I)$$

（ $\lambda$ ：位置合わせに用いる光の波長、 $m$ ：自然数、 $n$ ： $\lambda$ に対する支持膜の屈折率、 $\theta$ ：位置合わせに用いる光の入射角）を満たす請求項1又は2記載のX線マスク構造体。 \*

\*【請求項4】 支持膜の少なくとも位置合わせに用いられる領域のマーク部における支持膜の厚さ（ $d_2$ ）が、式（II）

【数2】

$$d_2 = \lambda \times (2m + 1 + \delta) / \left\{ 4 (n^2 - \sin^2 \theta)^{1/2} \right\} \quad (II)$$

（ $\lambda$ ：位置合わせに用いる光の波長、 $m$ ：自然数、 $n$ ： $\lambda$ に対する支持膜の屈折率、 $\delta$ ： $\lambda$ に対するマーク部の吸収に関わる係数、 $\theta$ ：位置合わせに用いる光の入射角）を満たす請求項1、2又は3記載のX線マスク構造体。

【請求項5】 支持膜に付加膜が形成された請求項1又は2記載のX線マスク構造体。

【請求項6】 付加膜が、支持膜の少なくとも位置合わせに用いられる領域の非マーク部にのみ形成されている請求項5記載のX線マスク構造体。

【請求項7】 付加膜が、支持膜の少なくとも位置合わせに用いられる領域のマーク部にのみ形成されている請求項5記載のX線マスク構造体。

【請求項8】 位置合わせ用マークが形成された側の支持膜上であって、その少なくとも位置合わせに用いられる領域全体に付加膜が形成されている請求項5記載のX線マスク構造体。

【請求項9】 付加膜が、支持膜と屈折率がほぼ同じである膜厚調整膜である請求項6、7又は8記載のX線マスク構造体。

【請求項10】 付加膜が、支持膜の反射防止膜である請求項6又は8記載のX線マスク構造体。

【請求項11】 請求項1～4のいずれか1項に記載のX線マスク構造体の製造方法において、マーク部と非マーク部の支持膜の光学的透過率の制御を、支持膜形成時の膜厚制御と支持膜形成後のエッチングとにより行うことを特徴とするX線マスク構造体の製造方法。

【請求項12】 請求項5～10のいずれか1項に記載のX線マスク構造体の製造方法において、マーク部と非マーク部の支持膜の光学的透過率の制御を、支持膜を成膜しこれに位置合わせ用マークを形成した後、この支持膜に付加膜を形成することにより行うことを特徴とする

X線マスク構造体の製造方法。

20 【請求項13】 請求項1～10のいずれか1項に記載のX線マスク構造体及びこれを所定位置に固定する手段、X線発生源、被転写体を所定位置に固定する手段、並びにアライメント位置合わせ手段を少なくとも備え、被転写体にX線吸収体パターンを転写するX線露光装置。

30 【請求項14】 請求項1～10のいずれか1項に記載のX線マスク構造体及びこれを所定位置に固定する手段、X線発生源、被転写体を所定位置に固定する手段、並びにアライメント手段を少なくとも備えたX線露光装置を用い、X線マスク構造体と被転写体とのアライメント後、前記X線マスク構造体を通してX線を露光することにより、被転写体にX線吸収体パターンを転写するX線露光方法。

【請求項15】 請求項1～10のいずれか1項に記載のX線マスク構造体と加工基板とを重ね、アライメント光によりX線マスク構造体と加工基板とのアライメントを行った後、前記X線マスク構造体を通してX線を露光することによりパターンニングを行い、これを加工・処理してなるデバイス。

40 【請求項16】 請求項1～10のいずれか1項に記載のX線マスク構造体と加工基板とを重ね、アライメント光によりX線マスク構造体と加工基板とのアライメントを行った後、前記X線マスク構造体を通してX線を露光することによりパターンニングを行い、これを加工・処理するデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、X線マスク構造体及びその製造方法、そのX線マスク構造体を用いたX線露光装置、X線露光方法及び半導体デバイスの製造方

法、並びにその方法により製造された半導体デバイスに関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体集積回路の高密度化および高速化に伴い、集積回路のパターン線幅が縮小され、半導体製造装置にも一層の高性能化が要求されてきている。そのため、露光波長としてX線領域（2～150オングストローム）の光を利用したステッパが開発されつつある。

【0003】このX線露光装置に用いるX線マスク構造体は、図1（c）（模式的断面図）に示すような構造をしている。このX線マスク構造体は、所望のパターンを有するX線吸収体（3）、このX線吸収体（3）を支持するX線透過性支持膜（2）（以下「支持膜」という。）、及びこれらを保持する保持枠（1）からなっている。また通常、支持膜（2）上には、回路パターンを有するX線吸収体（3）の周辺部に位置合わせ用マーク（4）が設けられている。

【0004】このようなX線マスク構造体とウエハとの位置合わせ（アライメント）には、通常、光が用いられる。しかし、上記の位置合わせ用マーク（4）部において、支持膜（2）を透過した光が反射し、その反射光の散乱等によりノイズが発生するため、高精度な位置合わせが困難であった。

【0005】このような問題を解決するため、特公平7-23959号公報には、位置合わせ用マーク部で反射される光の強度を低減するように、支持膜（2）の厚さを制御する必要性が述べられている。

【0006】また、特開平6-291018号公報では、マスク上位置合わせ部を透過し、被転写体からの反射光を低減するために、マスク上位置合わせ領域の光透過率を低減するように、支持膜に段差を設ける必要性が述べられている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このマ

$$d_1 = \lambda \times m / \left\{ 2 (n^2 - s i n^2 \theta)^{\frac{1}{2}} \right\} \quad (I)$$

（λ：位置合わせに用いる光の波長、m：自然数、n：λに対する支持膜の屈折率、θ：位置合わせに用いる光の入射角）を満たす第1又は第2の発明のX線マスク構造体に関する。

【0014】第4の発明は、支持膜の少なくとも位置合

$$d_2 = \lambda \times (2m+1 + \delta) / \left\{ 4 (n^2 - s i n^2 \theta)^{\frac{1}{2}} \right\} \quad (II)$$

（λ：位置合わせに用いる光の波長、m：自然数、n：λに対する支持膜の屈折率、δ：λに対するマーク部の吸収に関わる係数、θ：位置合わせに用いる光の入射角）を満たす第1、第2又は第3の発明のX線マスク構

\*ーク部や被転写体からの反射光の強度を低減する膜厚においては、マスク上位置合わせ領域の非マーク部の透過光の強度も低減してしまう。マーク部での反射光を低減し反射光の散乱等によるノイズを減少させることも重要であるが、非マーク部の透過光は被転写体の情報を得る上で重要であり、双方の条件をともに満たすのは難しかった。そのため、高精度な位置合わせは依然困難であった。

【0008】そこで本発明の目的は、上記の問題を解決し、高精度な位置合わせが可能なX線マスク構造体、及びその製造方法を提供することである。また、このX線マスク構造体を用いたX線露光装置、X線露光方法及び半導体デバイスの製造方法、並びにその方法により製造された半導体デバイスを提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明者は、上記の目的を達成するために種々の検討を重ねた結果、本発明を完成した。

【0010】第1の発明は、所望のパターンを有するX線吸収体、該X線吸収体を支持するX線透過性支持膜、及びこれらを保持する保持枠からなり、前記支持膜に位置合わせ用マークが形成されたX線マスク構造体において、前記支持膜の少なくとも位置合わせに用いられる領域の前記マーク部と非マーク部とで、支持膜の光学的透過率が異なることを特徴とするX線マスク構造体に関する。

【0011】第2の発明は、支持膜の少なくとも位置合わせに用いられる領域のマーク部における支持膜の光学的透過率が、非マーク部より低い第1の発明のX線マスク構造体に関する。

【0012】第3の発明は、支持膜の少なくとも位置合わせに用いられる領域の非マーク部における支持膜の厚さ（ $d_1$ ）が、式（I）

【0013】

【数3】

※わせに用いられる領域のマーク部における支持膜の厚さ（ $d_1$ ）が、式（II）

【0015】

【数4】

造体に関する。

【0016】第5の発明は、支持膜に付加膜が形成された第1又は第2の発明のX線マスク構造体に関する。

【0017】第6の発明は、付加膜が、支持膜の少なく

とも位置合わせに用いられる領域の非マーク部にのみ形成されている第5の発明のX線マスク構造体に関する。

【0018】第7の発明は、付加膜が、支持膜の少なくとも位置合わせに用いられる領域のマーク部にのみ形成されている第5の発明のX線マスク構造体に関する。

【0019】第8の発明は、位置合わせ用マークが形成された側の支持膜上であって、その少なくとも位置合わせに用いられる領域全体に付加膜が形成されている第5の発明のX線マスク構造体に関する。

【0020】第9の発明は、付加膜が、支持膜と屈折率がほぼ同じである膜厚調整膜である第6、第7又は第8の発明のX線マスク構造体に関する。

【0021】第10の発明は、付加膜が、支持膜の反射防止膜である第6又は第8の発明のX線マスク構造体に関する。

【0022】第11の発明は、第1～第4のいずれかの発明のX線マスク構造体の製造方法において、マーク部と非マーク部の支持膜の光学的透過率の制御を、支持膜形成時の膜厚制御と支持膜形成後のエッチングとにより行うことを特徴とするX線マスク構造体の製造方法に関する。

【0023】第12の発明は、第5～第10のいずれかの発明のX線マスク構造体の製造方法において、マーク部と非マーク部の支持膜の光学的透過率の制御を、支持膜を成膜しこれに位置合わせ用マークを形成した後、この支持膜に付加膜を形成することにより行うことを特徴とするX線マスク構造体の製造方法に関する。

【0024】第13の発明は、第1～第10のいずれかの発明のX線マスク構造体及びこれを所定位置に固定する手段、X線発生源、被転写体を所定位置に固定する手段、並びにアライメント位置合わせ手段を少なくとも備え、被転写体にX線吸収体パターンを転写するX線露光装置に関する。

【0025】第14の発明は、第1～第10のいずれかの発明のX線マスク構造体及びこれを所定位置に固定する手段、X線発生源、被転写体を所定位置に固定する手段、並びにアライメント手段を少なくとも備えたX線露光装置を用い、X線マスク構造体と被転写体とのアライメント後、前記X線マスク構造体を通してX線を露光することにより、被転写体にX線吸収体パターンを転写するX線露光方法に関する。

【0026】第15の発明は、第1～第10のいずれかの発明のX線マスク構造体と加工基板とを重ね、アライメント光によりX線マスク構造体と加工基板とのアライメントを行った後、前記X線マスク構造体を通してX線を露光することによりパターンニングを行い、これを加工・処理してなるデバイスに関する。

【0027】第16の発明は、第1～第10のいずれかの発明のX線マスク構造体と加工基板とを重ね、アライメント光によりX線マスク構造体と加工基板とのアライ

メントを行った後、前記X線マスク構造体を通してX線を露光することによりパターンニングを行い、これを加工・処理するデバイスの製造方法に関する。

【0028】

【発明の実施の形態】以下、好ましい実施形態を挙げて本発明を詳細に説明する。

【0029】支持膜は、X線を十分に透過し且つセルフスタンドする必要がある。そのため、膜厚は1～10 $\mu$ mの範囲内とすることが好ましい。材料は、例えばSi、SiO<sub>2</sub>、SiN、SiC、SiCN、BN、AlN等の無機類や、ポリイミド等の耐放射線有機膜、或いはこれらの単独または複合膜等の公知の材料を用いて構成することができる。

【0030】X線吸収体としては、X線を十分に吸収し且つ被加工性がよいことが必要である。そのために、厚さは0.2～1.0 $\mu$ mの範囲内とすることが好ましい。材料は、例えばAu、W、Ta、Pt等の重金属、又はこれらの化合物にて構成される。

【0031】保持枠は、シリコンウエハ等によって構成される。保持枠には、保持枠を補強する補強体を付設してもよく、この補強体としては、バイレックスガラスや石英ガラス等のガラス、Si、セラミックス等を用いることができる。中でもヤング率50GPa以上、線膨張率が $1 \times 10^{-5} K^{-1}$ 以下のものが好ましい。

【0032】保持枠となるSi基板は、アルカリ等によりエッチングを行いX線透過窓を形成するが、この工程はX線吸収体の形成前でも後でも構わない。

【0033】本発明のX線マスク構造体は、その支持膜の少なくとも位置合わせに用いられる領域のマーク部と非マーク部とで、支持膜の光学的透過率が異なることが必要である。

【0034】そのためには、後述の付加膜を形成しないで、X線透過膜のみで支持膜を形成する場合、マーク部と非マーク部とのそれぞれにおいて支持膜の厚さを制御し、光学的な透過率を調整する。

【0035】非マーク部の支持膜の厚さ( $d_1$ )は、透過率を増大するように、前記式(I)を満たす膜厚に制御することが望ましい。

【0036】マーク部の支持膜の厚さ( $d_2$ )は、X吸収体による反射率を低減できるように、前記式(II)を満たす膜厚に制御することが望ましい。

【0037】なお、特公平7-23959号公報には、X線吸収体による反射率を低減できる膜厚として式(II)

$$d_2 = \lambda \times (2m + 1) / (4n) \quad (\text{III})$$

が記載されているが、 $\delta$ ( $\lambda$ に対するマーク部の吸収に関わる係数)が考慮されていない。X線吸収体は主に金属を用いるため、屈折率の虚数部も考慮する必要がでてくる。上記のような薄膜と重金属の組み合わせの場合、 $\delta$ は-1/2程度となる。

【0038】以上のような膜厚に制御するためには、支持膜をどちらか一方の上記膜厚に成膜後、その支持膜にマーク部を形成し、次いでエッチングを行う。例えば、図2(f)や図5(f)に示すように形成することができる。支持膜の厚さは光学的透過率に大きな影響を与えるため、このように膜厚を制御することにより、アライメントを高精度に行えるようになる。

【0039】また、付加膜を膜厚調整膜として支持膜上に形成することによっても膜厚を制御することができる。例えば、図3や図6に示すように付加膜を形成することができる。また、図7に示すように、位置合わせ用マークが形成された側の支持膜上であって、その少なくとも位置合わせに用いられる領域全体に付加膜を形成してもよい。位置合わせ光の反射に関与する膜はマーク(4)までの膜であるから、支持膜のマーク部上に付加膜を形成しても、このマーク部上の付加膜を除去する必要はない。そのため、製造がかなり容易になる。さらに、図8に示すように図6と図7を組み合わせた構成とすることもできる。

【0040】このような付加膜の材料は、支持膜と同じものでもよいが、屈折率の近い別の材料を用いてもよい。屈折率の近い材料としては、位置合わせ用の光に対する屈折率が支持膜の値の $\pm 10\%$ 以内のものが望ましい。

【0041】また、付加膜として、反射防止膜を用いて光学的透過率を向上させることができる。この場合、支持膜の膜厚がマーク部の適性膜厚になるように支持膜を形成し、付加膜を形成することが望ましい。反射防止膜としての付加膜の構成は、例えば図6～8のようにすることができる。

【0042】本発明のX線露光方法およびX線露光装置は、上記本発明のX線マスク構造体を用い、そのマスクと被転写体との位置合わせを行い、次いでX線露光を行うことでX線吸収体パターンを被転写体に転写することを特徴とするものである。本発明のX線露光方法およびX線露光装置は、上記の本発明のX線マスク構造体を用いること以外は、それぞれ従来公知の方法および装置でよい。

【0043】図9に、本発明のX線マスク構造体を用いた、微小デバイス(半導体装置、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等)の製造用X線露光装置の説明図を示す。

【0044】図9において、91はSR放射源であり、このSR放射源(91)から放射されたシートビーム形状のシンクロトロン放射光(92)は、横方向に光強度が均一なビームとして拡がり、縦方向にはほとんど広がりをもたない。この放射光(92)は、凸面ミラー(93)で反射させ、縦方向に拡大させて、これにより断面がほぼ四角形なビームとして、四角い露光領域を得るようにしている。この拡大された放射光(92)は、シャッター(94)により照射領域内での露光量が均一とな

るように調整され、シャッター(94)を経た放射光(92)は本発明のX線マスク構造体(95)に導かれる。このX線マスク構造体(95)はマスクステージ(97)に設置されてウエハ(96)と対向する位置に保持されている。

【0045】被露光体であるウエハ(96)は、ウエハチャック(98)に保持されている。このウエハチャックはウエハステージ(99)に搭載されており、ウエハステージを移動させウエハ(96)の位置決めがなされる。

【0046】アライメントユニット(100)は、X線マスク構造体(95)及びウエハ(96)の各々に設けた位置決め用のアライメントマークを検出する光学系と、両者のズレを演算する演算部とを有している。

【0047】図10は、X線露光装置において、X線マスク構造体とウエハとの相対位置合わせを行うためのアライメントユニットの一例の光学的系概略図である。以下、位置合わせの原理について説明する。

【0048】半導体レーザー( $\lambda = 780 \text{ nm}$ )、He-Neレーザー( $\lambda = 632.8 \text{ nm}$ )等の光源(16)からの光束は、コリメータレンズ(17)により平行光束となる。平行光束は投光レンズ(18)を通り、ミラー(19)で偏向され、フィルタ(20)を透過し、露光領域(21)内にあるX線マスク構造体(22)とウエハ(23)との相対横ズレ検知用の物理光学素子(24、25、26、27)とX線マスク構造体とウエハとの相対間隔検知用の物理光学素子(28、29、30、31)に照射される。

【0049】これらの各物理光学素子からの回折光は、X線マスク構造体とウエハとの相対横ズレ量および相対間隔を示す情報を含んでおり、フィルタ(20)を通り、受光レンズ(32)によりセンサ(33)のセンサ受光面に結像される。

【0050】センサ(33)は、2つのラインセンサ(33a、33b)から構成される。ラインセンサ(33a)は、X線マスク構造体とウエハとの相対横ズレ量の情報を含む回折光を受光し、ラインセンサ(33b)は、X線マスク構造体とウエハとの相対間隔の情報を含む回折光を受光する。

【0051】図11に、X線マスク構造体及びウエハ上の物理光学素子の配置と照射光および回折光の光路との関係を示す。図中の24、25、26及び27は、X線マスク構造体とウエハとの相対横ズレ検知用の物理光学素子であり、28、29、30及び31は、X線マスク構造体とウエハとの相対間隔検知用の物理光学素子である。光源(16)から照射された照射光(34)は、上記の各物理光学素子に照射され、これらの各物理光学素子からの回折光(35、36、37、38)がセンサ(33)へと向かう。なお、これらの各物理光学素子は回折格子やフレネルゾーンプレート等から構成されてい

る。

【0052】以上のように本発明のX線マスク構造体を用いることにより、アライメント光のS/N比が向上し、高精度な位置合わせを行うことができる。

【0053】X線マスク構造体(95)とウエハ(96)のアライメント後、X線マスク構造体に形成されているパターンは、ステップ&リPEAT方式やスキニング方式等によってウエハ(96)上に露光転写される。

【0054】本発明の半導体デバイスの製造方法は、上記の本発明のX線マスク構造体を介して加工基板にX線露光を行うことで、X線吸収体パターンを加工基板上に転写し、これを加工・処理する方法である。また、本発明の半導体デバイスの製造方法においては、上記本発明のX線マスク構造体を用いること以外は、従来公知の方法を用いることができる。

【0055】本発明の半導体デバイスは、上記の方法により加工・処理されたことを特徴とするデバイスである。

【0056】以下、本発明のX線マスク構造体を用いた、半導体デバイス(半導体素子)の製造方法を説明する。

【0057】図10は半導体デバイス(ICやLSI等の半導体チップ、あるいは液晶パネルやCCD等)の製造フロー図である。

【0058】ステップ1(回路設計)では、半導体デバイスの回路設計を行う。ステップ2(マスク製作)では設計した回路パターンを形成したX線マスク構造体を製造する。一方、ステップ3(ウエハ製造)ではシリコン等の材料を用いてウエハ製造する。

【0059】ステップ4(ウエハプロセス)は前工程と呼ばれ、上記のX線マスク構造体とウエハを用いてX線リソグラフィー技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。ウエハをローディングしてウエハをマスクと対向させ、アライメントユニットで両者のズレを検出して、ウエハステージを駆動して両者の位置合わせを行う。両者が合致したならば露光を行う。露光終了後、ウエハは次のショットヘスステップ移動し、アライメント以下の動作を行う。

【0060】次のステップ5(組立)は後工程と呼ばれ、ステップ4によって製作されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程(ダイシング、ボンディング)、パッケージング工程(チップ封入)等の工程を含む。

【0061】ステップ6(検査)ではステップ5で製作された半導体デバイスの動作確認テストや耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷(ステップ7)される。

【0062】図11に、上記ステップ4のウエハプロセスの詳細な製造フロー図を示す。

【0063】まず、ステップ11(酸化)ではウエハの

表面を酸化させる。ステップ12(CVD)ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ13(電極形成)ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ14(イオン打ち込み)ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ15(レジスト処理)ではウエハに感光剤を塗布する。

【0064】ステップ16(露光)では本発明のX線露光装置によってマスクの回路パターンをウエハに焼付け露光する。ステップ17(現像)では露光したウエハを現像する。ステップ18(エッチング)では、現像したレジスト以外の部分を削り取る。ステップ19(レジスト剥離)では、エッチングが終了して不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行うことによってウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0065】

【実施例】以下、本発明を実施例によりさらに説明するが、本発明はこれらに限定するものではない。

【0066】実施例1

図1及び図2は、本発明のX線マスク構造体の製造工程図(断面図)である。

【0067】保持枠となる基板(11)には、 $\phi 3 \text{ inch}$ 、厚さ2mmのSiウエハを用いた。

【0068】この基板(11)をプラズマCVD装置にセットし、圧力を $2 \times 10^{-6} \text{ Torr}$ とした後、水素で10%に希釈されたシランガス5 sccmとアンモニアガス20 sccmを、下部電極にあげられた穴から供給した。次いで、基板(11)の温度を $250^\circ \text{C}$ に加熱し、圧力 $5 \times 10^{-4} \text{ Torr}$ で高周波パワー20Wを印加して、窒化珪素を、非マーク部の最適膜厚である $2.076 \mu \text{m}$ に成膜し支持膜(2)を形成した(図1(a))。

【0069】次に、基板(11)であるSiウエハを、30wt%水酸化カリウム、 $110^\circ \text{C}$ にてバックエッチングし、保持枠(1)を形成した(図1(b))。

【0070】続いて、X線吸収体成膜用のメッキ電極を蒸着した。その上に電子線レジストPMMA(商品名: OEBR-1000、東京応化製)を塗布し、電子線描画装置により所望の微細レジストパターンを形成した。次に、亜硫酸金めっき液(商品名: ニュートロネクス309、EEJA製)を用い、 $50^\circ \text{C}$ 、電流密度 $1 \text{ mA/cm}^2$ の条件にてメッキを行い、X線吸収体(3)及び位置合わせ用マーク(4)となる金を形成し、レジストパターンを専用剥離液にて剥離した。X線吸収体(3)及び位置合わせ用マーク(4)のない部分のメッキ電極の剥離を、RIE装置にて行った(図1(c))。

【0071】次の工程として、マーク部の支持膜の厚さを調整するためにエッチングを行った。マーク形成部分の部分的拡大図を示した図2(a)~(f)を用いてその手法を次に説明する。

【0072】まず、位置合わせ用マーク(4)が形成された支持膜(2)(図2(a))のマーク(4)が形成



されていない側の膜表面にレジスト（ネガレジスト）（5）を塗布した（図2（b））。

【0073】次に、図2（c）のようにマーク側から露光し、図2（d）のようにレジスト（5）をパターンニングした。

【0074】続いて、レジストを形成した側の表面を、RIE装置により $\text{SF}_6$ ガスを用いてエッチングし、マーク部の支持膜の厚さを最適膜厚である $2.026\mu\text{m}$ とした（図2（e））。

【0075】最後に、専用剥離液を用いてレジスト（5）を剥離した（図2（f））。

【0076】なお、X線吸収体（3）が形成されている支持膜（2）の裏面は同時に加工してもよいし、保護膜等の形成により加工しなくてもよい。

【0077】また、上記の製法で成膜やエッチング等を行う際、窓からアライメントに使用する光を同じ角度で入射し、その反射光強度等を測定しながら条件出しを行ったり、実際の膜をエッチングしてもよい。

【0078】本実施例の図2に示したようなプロセスは多少煩雑であるが、支持膜（2）を一度の成膜で形成するため、膜の機械的物性値（応力、ヤング率等）や光学的な物性値（屈折率等）が一定であるので膜厚の制御が容易である。

【0079】実施例2

図3に、本実施例のX線マスク構造体のマーク（4）部付近の断面図を示す。

【0080】マーク（4）部の支持膜（2）の膜厚調整に付加膜（6）を形成した以外は実施例1と同様である。製造方法としては、実施例1の図2（d）までは同様であるが、その後はエッチングではなく、厚さ $0.148\mu\text{m}$ のSiN膜を付加し、レジストを剥離してリフトオフした。

【0081】実施例3

図3に、本実施例のX線マスク構造体のマーク（4）部付近の断面図を示す。

【0082】マーク部の支持膜の膜厚調整に用いる付加膜（6）として、SiNの屈折率に近い $\text{TiO}_2$ を用い、厚さを $0.148\mu\text{m}$ とした以外は実施例2と同様である。なお、同様な効果が得られるものとして $\text{CeO}_2$ 等を用いてもよい。

【0083】これらの膜は蒸着等による成膜が可能のため、製造が容易である。また、実施例2と同様にリフトオフ法を用いてもよいが、付加膜の成膜後にレジストパターンを形成し、エッチングを行い、付加膜（6）を形成することもできる。

【0084】実施例4

図4及び図5は、本発明のX線マスク構造体の製造工程図（断面図）である。

【0085】保持枠となる基板（11）には、 $\phi 3\text{inch}$ 、厚さ $1\text{mm}$ のSiウエハを用いた。この基板（1

1）をプラズマCVD装置にセットし、圧力を $1 \times 10^{-6}\text{Torr}$ とした後、水素で10%に希釈されたシランガス $10\text{sccm}$ とメタンガス $10\text{sccm}$ を、下部電極にあげられた穴から供給した。次いで、基板（11）の温度を $650^\circ\text{C}$ に加熱し、圧力 $5 \times 10^{-3}\text{Torr}$ で高周波パワー $50\text{W}$ を印加して、窒化珪素を、非マーク部の最適膜厚である $2.015\mu\text{m}$ に成膜し支持膜（2）を形成した（図4（a））。

【0086】次に、2元スパッタ装置にセットし、圧力を $2 \times 10^{-6}\text{Torr}$ とした後、Arガス $10\text{sccm}$ にて圧力 $10 \times 10^{-3}\text{Torr}$ 、基板温度 $150^\circ\text{C}$ 、高周波パワー $100\text{W}$ を印加して、エッチングストッパー用の金属薄膜となる厚さ $50\text{nm}$ のクロム膜を形成し、次いで連続して $500\text{W}$ を印加してX線吸収体（3）となる厚さ $800\text{nm}$ のW膜を形成した。なお、上記のエッチングストッパー用の金属薄膜は、X線吸収体に用いる金属とエッチングレイトの差がとれるものならどのような金属を用いても構わない。

【0087】上記のW膜上に、2層レジストの下層となるPIQ（商品名、日立化成製）、及び上層となるSi含有レジストSNR（商品名、東洋曹達製）を塗布し、電子線描画装置にて所望の微細レジストパターンを形成した。

【0088】次に、X線吸収体（3）となるW膜のエッチングをRIE装置にて行った。圧力を $1 \times 10^{-3}\text{Torr}$ とした後、 $\text{CF}_4$ ガス $50\text{sccm}$ を流し、 $5 \times 10^{-3}\text{Torr}$ で $200\text{W}$ 印加し、W膜をエッチングした。クロムは $\text{CF}_4$ ガスではほとんどエッチングされないのでダメージを受けることなく、X線吸収体（3）及び位置合わせ用マーク（4）が形成される（図4（b））。レジストパターンはW膜のエッチング中に同時にエッチングされるが、残存したものは専用剥離液で剥離した。続いて、RIE装置内にてアルゴンガス $20\text{sccm}$ を流し、 $5 \times 10^{-3}\text{Torr}$ で $200\text{W}$ 印加し、金属薄膜（クロム膜）を剥離した。

【0089】以上のようにして支持膜（2）やX線吸収体（3）等が形成されたSiウエハからなる基板（11）を、30wt%水酸化カリウムを用い、 $110^\circ\text{C}$ にてバックエッチングし、保持枠（1）を形成した（図4（c））。

【0090】次の工程として、非マーク部の支持膜の膜厚を調整するためにエッチングを行った。マーク形成部分の部分的拡大図を示した図5（a）～（f）を用いてその手法を次に説明する。

【0091】まず、位置合わせ用マーク（4）が形成された支持膜（2）（図5（a））のマーク（4）が形成されていない側の膜表面にレジスト（ポジレジスト）（5）を塗布した（図5（b））。

【0092】次に、図5（c）のようにマーク側から露光し、図5（d）のようにレジスト（5）をパターンニ

10

20

30

40

50



グする。

【0093】続いて、レジストを形成した側の表面を、RIE装置によりSF<sub>6</sub>ガスを用いてエッチングし、非マーク部の支持膜の厚さを最適膜厚である1.977μmとした(図5(e))。

【0094】最後に、専用剥離液を用いてポジレジスト(5)を剥離した(図5(f))。

【0095】なお、X線吸収体(3)が形成されている支持膜(2)の裏面は同時に加工してもよいし、保護膜等の形成により加工しなくてもよい。

【0096】また、上記の製法で成膜やエッチング等を行う際、窓からアライメントに使用する光を同じ角度で入射し、その反射光強度等を測定しながら条件出しを行ったり、実際の膜を成膜してもよい。

【0097】本実施例の図5に示したようなプロセスは多少煩雑であるが、支持膜(2)を一度の成膜で形成するため、膜の機械的物性値(応力、ヤング率等)や光学的な物性値(屈折率等)が一定であるので膜厚の制御が容易である。

【0098】実施例5

図6に、本実施例のX線マスク構造体の位置合わせ用マーク(4)部付近の断面図を示す。

【0099】非マーク部の膜厚調整に付加膜(6)を形成した以外は実施例4と同様である。製造方法としては、実施例4の図5(d)までは同様であるが、その後はエッチングでなく、厚さ0.114μmのSiC膜を付加し、レジストを剥離してリフトオフした。

【0100】実施例6

図6に、本実施例のX線マスク構造体の位置合わせ用マーク(4)部付近の断面図を示す。

【0101】非マーク部の光学的透過率の調整に用いる付加膜(6)として、SiCの屈折率に近いZnSeを用い、厚さを0.114μmとした以外は実施例5と同様である。なお、同様な効果が得られるものとしてCdS等を用いてもよい。

【0102】これらの膜は蒸着等による成膜が可能のため、製造が容易である。また、実施例5と同様のリフトオフ法を用いてもよいが、付加膜を成膜後レジストパターンを形成し、エッチングを行い、付加膜(6)を形成することもできる。

【0103】実施例7

図6に、本実施例のX線マスク構造体の位置合わせ用マーク(4)部付近の断面図を示す。

【0104】非マーク部の光学的透過率調整に用いる付加膜(6)として、反射防止膜として作用する厚さ0.138μmのSiO<sub>2</sub>膜を形成した以外は実施例5と同様である。この膜は蒸着等による成膜が可能のため、製造が容易である。

【0105】実施例8

図7に、本実施例のX線マスク構造体の位置合わせ用マ

ーク(4)部付近の断面図を示す。

【0106】実施例4の図4(c)まで同様の方法で作製されるが、非マーク部の膜厚調整に付加膜(6)として、マーク(4)が形成されている側の支持膜表面に、厚さ0.114μmのSiC膜を付加する点で異なる。

【0107】実施例9

図7に、本実施例のX線マスク構造体の位置合わせ用マーク(4)部付近の断面図を示す。

【0108】非マーク部の光透過率調整に用いる付加膜(6)として、SiCの屈折率に近いZnSeを用い、厚さを0.114μmとした以外は実施例8と同様である。なお、同様な効果が得られるものとしてCdS等を用いてもよい。

【0109】これらの膜は蒸着等による成膜が可能であり、且つ、マーク部上の付加膜を除去する必要があるため、製造がかなり容易である。

【0110】実施例10

図7に、本実施例のX線マスク構造体の位置合わせ用マーク(4)部付近の断面図を示す。

【0111】非マーク部の光学的透過率調整に用いる付加膜(6)として、反射防止膜として作用する厚さ0.414μmのSiO<sub>2</sub>膜を形成した以外は実施例8と同様である。この膜は蒸着等による成膜が可能であり、且つ、マーク部上の付加膜を除去する必要があるため、製造がかなり容易である。

【0112】実施例11

図8に、本実施例のX線マスク構造体の位置合わせ用マーク(4)部付近の断面図を示す。非マーク部の光学的透過率の調整に用いる付加膜(6)として、反射防止膜として作用する厚さ0.138μmのSiO<sub>2</sub>膜を、支持膜(2)の両面に形成した。製法は、実施例7と実施例10の方法を組み合わせて行った。

【0113】実施例12

実施例1~11のX線マスク構造体を備えた図9に示すX線露光装置を用いてX線の露光を行った。

【0114】その結果、アライメント光のS/N比が向上し、高精度な位置合わせを行うことができた。また、X線マスク構造体(95)とウエハ(96)のアライメント後、X線マスク構造体に形成されているパターンを、ステップ&リビート方式やスキャン方式によってウエハ(96)上に露光転写することにより、高精度なX線露光を実現することができた。

【0115】実施例13

実施例12のX線露光装置を利用した半導体デバイスの製造を図10と図11に従って行った。その結果、従来は製造が難しかった高集積度の半導体デバイスを容易に製造することができた。

【0116】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように本発明のX線マスク構造体は、マーク部での反射光を減少させ非

10

20

30

40

50

15

マーク部での透過率を向上させて被転写体からの情報を得ることにより、位置合わせの効率を上げ、高精度な位置合わせを行うことができる。

【0117】また、本発明のX線マスク構造体を用いるX線露光方法およびX線露光装置は、高精度な位置合わせが可能である。

【0118】さらに、本発明のX線マスク構造体を用いて加工基板上にX線吸収体パターンを転写し、加工・処理することにより、高性能な半導体デバイスが提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のX線マスク構造体の製造工程図（断面図）である。

【図2】本発明のX線マスク構造体の位置合わせ用マーク部付近の製造工程図（断面図）である。

【図3】本発明のX線マスク構造体の位置合わせ用マーク部付近の断面図である。

【図4】本発明のX線マスク構造体の製造工程図（断面図）である。

【図5】本発明のX線マスク構造体の位置合わせ用マーク部付近の製造工程図（断面図）である。

【図6】本発明のX線マスク構造体の位置合わせ用マーク部付近の断面図である。

【図7】本発明のX線マスク構造体の位置合わせ用マーク部付近の断面図である。

【図8】本発明のX線マスク構造体の位置合わせ用マーク部付近の断面図である。

【図9】本発明のX線マスク構造体を用いたX線露光装置の概略図である。

【図10】本発明のX線マスク構造体を用いたアライメントユニットの概略図である。

【図11】本発明のX線マスク構造体及びウエハ上に配置された物理光学素子の配置とアライメント光との関係を示す説明図である。

【図12】本発明のデバイスの製造フロー図である。

【図13】本発明のデバイスの製造方法におけるウエハ\*

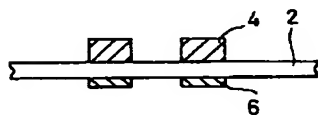
16

\*プロセスの製造フロー図である。

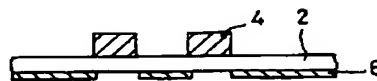
【符号の説明】

- |             |                 |
|-------------|-----------------|
| 1           | 保持枠             |
| 2           | 支持膜             |
| 3           | X線吸収体           |
| 4           | 位置合わせ用マーク       |
| 5           | レジスト            |
| 6           | 付加膜             |
| 11          | 基板              |
| 16          | 光源              |
| 17          | コリメータレンズ        |
| 18          | 投光レンズ           |
| 19          | ミラー             |
| 20          | フィルタ            |
| 21          | 露光領域            |
| 22          | X線マスク構造体        |
| 23          | ウエハ             |
| 24、25、26、27 | 相対横ズレ検知用の物理光学素子 |
| 28、29、30、31 | 相対間隔検知用の物理光学素子  |
| 32          | 受光レンズ           |
| 33          | センサ             |
| 33a、33b     | ラインセンサ          |
| 34          | 照射光             |
| 35、36、37、38 | 回折光             |
| 91          | SR放射源           |
| 92          | シンクロトロン放射光      |
| 93          | 凸面ミラー           |
| 94          | シャッター           |
| 95          | X線マスク構造体        |
| 96          | ウエハ             |
| 97          | マスクステージ         |
| 98          | ウエハチャック         |
| 99          | ウエハステージ         |
| 100         | アライメントユニット      |

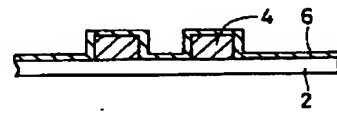
【図3】



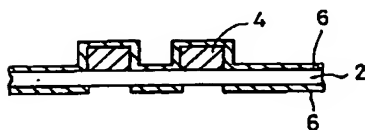
【図6】



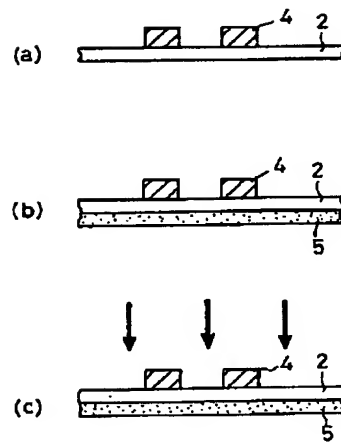
【図7】



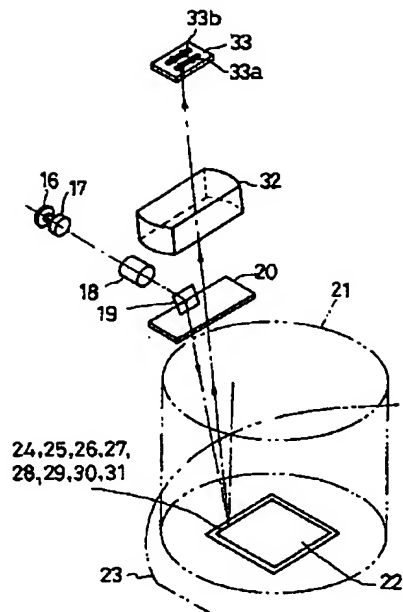
【図8】



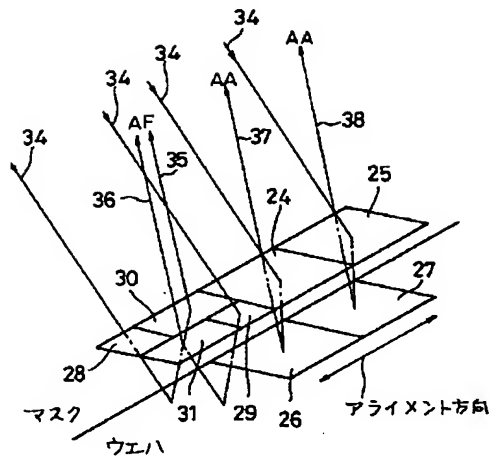
【图5】



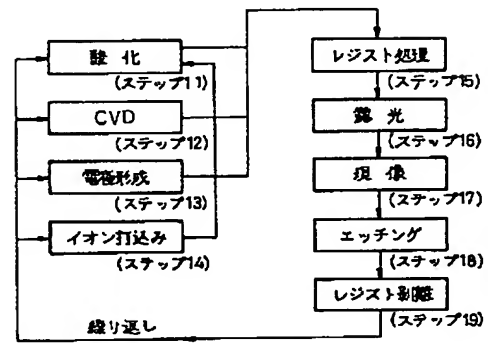
【図10】



【図11】



【図13】



【図12】

